

PAT-NO: JP401107213A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 01107213 A

TITLE: OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENT

PUBN-DATE: April 25, 1989

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NOZAKI, NOBUHARU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
FUJI PHOTO FILM CO LTD	N/A

APPL-NO: JP62265019

APPL-DATE: October 20, 1987

INT-CL (IPC): G02B006/12, G02B005/18 , G02F001/33

US-CL-CURRENT: 385/14

ABSTRACT:

PURPOSE: To converge a light beam which is projected from an optical waveguide into a small spot by setting the grating height of a diffraction grating formed on the surface of the optical waveguide so as to have a mountain-shaped distribution in the traveling direction of waveguide light.

CONSTITUTION: The grating height of the diffraction grating 21 is varies in the mountain shape in the traveling direction of the waveguide light 13' so that when waveguide light 13' is projected from the optical waveguide 11 by the diffraction grating 21, the intensity distribution of the projection light 13" is nearly a Gaussian distribution in the traveling direction. Therefore, the light beam 13" projected from the optical waveguide element 10 is converted into the small beam spot Q through a scanning lens 26 to scan (main scan) on a photosensitive body 23 as shown by an arrow (u). Simultaneously, the photosensitive body 23 moves by a conveying means 22 almost at right angles to the main scanning direction as shown by an arrow (v) to make a subscan, so the photosensitive body 23 is scanned with the light beam 13" in two dimensions. Consequently, the beam spot Q is converted sufficiently and a fine image can be

recorded.

COPYRIGHT: (C)1989,JPO&Japio

## ⑪ 公開特許公報 (A)

平1-107213

⑤Int.Cl.<sup>1</sup>G 02 B 6/12  
5/18  
G 02 F 1/33

識別記号

府内整理番号

⑥公開 平成1年(1989)4月25日

C-7036-2H  
7348-2H

A-7348-2H 審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑦発明の名称 光導波路素子

⑧特 願 昭62-265019

⑨出 願 昭62(1987)10月20日

⑩発明者 野崎 信春 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム

株式会社内

⑪出願人 富士写真フィルム株式会社 神奈川県南足柄市中沼210番地

⑫代理人 弁理士 柳田 征史 外1名

## 明細書

## 3. 発明の詳細な説明

## 1. 発明の名称

光導波路素子

## 2. 特許請求の範囲

光導波路の表面に、該光導波路内を進行する導波光と外部光とを結合する回折格子が形成された光導波路素子において、

前記回折格子の格子高さが、導波光を該回折格子によって光導波路外に出射させたとき、導波光の進行方向に沿った出射光の強度分布が略ガウス分布となるように、該方向に沿って山形状に変えられていることを特徴とする光導波路素子。

## (産業上の利用分野)

本発明は光導波路素子、特に詳細には光導波路の表面に回折格子を備え、導波光をこの回折格子によって光導波路外へ出射させ、あるいは外部光をこの回折格子によって光導波路内に入射させるようにした光導波路素子に関するものである。

## (従来の技術)

例えば光走査記録装置や光走査読取装置等において光ビームを偏向させる光偏向装置として、従来より、ガルバノメータミラー やポリゴンミラー 等の機械式光偏向器や、EOD (電気光学光偏向器) 、 AOD (音響光学光偏向器) が多く用いられている。しかし機械式光偏向器においては、耐久性に難がある、大型化しやすいといった問題があり、一方 EOD や AOD においては、光偏向角が大きく取れないのでビーム光路が長くなり、光走査記録装置等の大型化を招くといった問題がある。

上述のような問題を解消しうる光偏向装置とし

て近時、光導波路を用いる光偏向装置が注目されている。この光偏向装置は、表面弾性波が伝播可能な材料から形成されたスラブ状の光導波路と、この光導波路内を導波する光ビームと交わる方向に進行して周波数が連続的に変化する表面弾性波を該光導波路において発生させる手段（例えば交叉し形電極対と、この電極対に周波数が連続的に変化する交番電圧を印加するドライバとから構成される）とを有するものである。この光偏向装置においては、光導波路内を導波する光ビームが表面弾性波との音響光学相互作用によりブレーキング回折し、そしてこの回折角は表面弾性波周波数に応じて変化するので、表面弾性波周波数を上述のように変えることにより、光ビームを光導波路内において連続的に偏向させることができる。こうして偏向させた光ビームは、例えば光導波路の表面に形成した回折格子（グレーティングカブラ）やプリズムカブラ等によって光導波路外に出射させることができる。なおこのような光偏向装置については、例えば特開昭62-77761号公報

に詳しい記載がなされている。

（発明が解決しようとする問題点）

ところで、光偏向装置によって記録媒体上に光ビームを走査させて画像を記録する場合、高精細な画像を記録するためには、走査ビームを小さなスポットに絞り、しかもその光強度分布が少なくともビーム副走査方向に亘ってガウス分布をとるようにすることが求められる。

ところが、前述のような回折格子を用いて光導波路から導波光を外部に出射させる場合は、上記のような光強度分布のビームスポットを得ることは極めて困難となっている。すなわち第5図に示すように、基板40上の光導波路41の表面に格子高さやピッチが一定に描った線状回折格子42を形成して導波光43を光導波路外に出射させる場合、出射ビーム43'の光強度は図中曲線gで示すように、導波光43の進行方向に沿って指數関数的に漸次低下するものとなる。この第5図に示すように光導波路に導波光を進行させて、表面弾性波により該導波光を偏向させる場合、その偏向方向（主走査

方向）はこの図の紙面に交わる方向であり、副走査方向は図中の矢印v方向となる。つまり出射ビーム43'は、この副走査方向に沿って指數関数的に漸減あるいは漸増する光強度分布を有するものとなってしまうので、この方向に沿って光強度分布がガウス分布となるようなビームスポットを得ることは非常に難しくなるのである。

以上、回折格子によって導波光を光導波路外に出射させる場合の問題について述べたが、このような回折格子によって外部光を光導波路内に入射させることも従来から広く行なわれており、その場合は、入射結合効率が低下するという問題が生じる。すなわち光出射の場合と光入射の場合の相反定理から導かれる通り、光入射の場合は、入射させる光ビームが第5図の曲線gで示すような光強度分布を有するものでなければ、全体的に効率良く光導波路内に入射し得ないことになる。各種レーザ等の光源から発せられる光ビームは、通常光強度分布がビーム径方向にガウス分布をとるのが一般的であり、このような光ビームを上記のよ

うに指數関数的に漸減（漸増）する光強度分布を有するビームに整形することは、非常に困難である。

そこで本発明は、光導波路表面に形成した回折格子によって導波光を光導波路外に出射させる場合、あるいは外部光を光導波路内に入射させる場合に、以上述べたような問題を生じることのない光導波路素子を提供することを目的とするものである。

（問題点を解決するための手段及び作用）

本発明の光導波路素子は、先に述べたように光導波路の表面に、該光導波路内を進行する導波光を外部に出射させ、あるいは外部光を光導波路内に入射させる回折格子が形成された光導波路素子において、回折格子の格子高さを、導波光を該回折格子によって光導波路外に出射させたとき、出射光の強度分布が導波光の進行方向に沿って略ガウス分布となるように、該方向に沿って山形状に変化させたことを特徴とするものである。

なお、光導波路上に設ける回折格子の高さを変

化させることは、例えば特開昭60-111220号公報に示されているが、該公報に示される光導波路素子は、格子高さを導波光の進行方向に沿って漸次大きくなるようにしたものであり、このような構成では本発明の目的を達成することはできない。

## (実施例)

以下、図面に示す実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。

第1図および第2図はそれぞれ、本発明の一実施例による光導波路素子10を示す側面図と斜視図である。この光導波路素子10は一例として、画像記録用の光偏向器を構成するものであり、透明な基板16上に形成されたスラブ状光導波路11と、この光導波路11の側端部に設けられた交叉くし形電極対(Inter Digital Transducer、以下IDTと称する)15と、この光導波路11の表面において互いに離して設けられた光入射用線状回折格子(Linear Grating Coupler:以下LGCと称する)20および光出射用LGC21とを有している。

また基板16の光導波路11と反対側の表面16a上には、光入射用プリズム30と、光出射用プリズム31が取り付けられている。光入射用プリズム30は断面三角形状のもので、第1の光通過面30aと第2の光通過面30bを有し、上記第1の光通過面30aが基板表面16aに強く押圧されることにより、あるいは高屈折率の接着剤を用いる等により、該表面16aに密着固定されている。光出射用プリズム31も上記光入射用プリズム30と同様の形状とされ、第1の光通過面31a、第2の光通過面31bを有し、上述と同様にして基板16aに固定されている。

本実施例においては一例として、基板16にLiNbO<sub>3</sub>ウェハを用い、このウェハの表面にTi拡散膜を設けることにより光導波路11を形成している。なお基板16としてその他サファイア、Si等からなる結晶性基板が用いられてもよい。また光導波路11も上記のTi拡散に限らず、基板16上にその他の材料をスパッタ、蒸着する等して形成することもできる。なお光導波路については、例

えばティー・タミール(T. Tamir)編「インテグレイティッド オプティクス(Integrated Optics)」(トピックス イン アプライド フィジックス(Topics in Applied Physics)第7巻)スプリンガー・フェアラーク(Springer-Verlag)刊(1975);西原、春名、柄原共著「光集積回路」オーム社刊(1985)等の成書に詳細な記述があり、本発明では光導波路11としてこれら公知の光導波路のいずれをも使用できる。ただしこの光導波路11は、上記Ti拡散膜等、後述する表面弾性波が伝播可能な材料から形成される。また光導波路は2層以上の積層構造を有していてもよい。

記録光を発する半導体レーザ18は、光入射用プリズム30の第2の光通過面30bに向けて垂直に光ビーム(レーザビーム)13を射出するように配置されている。発散ビームであるこの光ビーム13は、コリメーターレンズ25によって平行ビームとされた上で上記第2の光通過面30bから光入射用プリズム30内に入射し、その第1の光通過面30aを通

過して基板16内に入射し、光導波路11を透過して、その表面に形成された前記LGC20の部分に入射する。それにより光ビーム13はこのLGC20で回折して光導波路11内に入射し、該光導波路11内を導波モードで矢印A方向に進行する。

画像記録を行なう際には、例えばエンドレスベルト等の移送手段22上に感光体23がセットされる。そして半導体レーザ18はレーザ駆動回路19により、レーザビーム13を射出するように駆動され、それとともにIDT15には、駆動回路17から連続的に周波数が変化する交番電圧が印加される。なおレーザ駆動回路19は変調回路24によって制御され、画像信号Sに応じて光出力を変えるように(すなわち光ビーム13の強度や、光ビーム13をパルス状に射出する場合はパルス数やパルス幅を変えるよう)半導体レーザ18を駆動する。

IDT15に上述のような電圧印加がなされるごとに、光導波路11の表面を表面弾性波12が第2図の矢印B方向に進行する。IDT15は、この表面弾性波12が導波光(平行ビーム)13'の光路

に交わる方向に進行するように配設されている。したがって導波光 $13'$ は、表面弾性波 $12$ を横切るように進行するが、その際該導波光 $13'$ は表面弾性波 $12$ との音響光学相互作用によりブレッカ(Bragg)回折する。周知の通り、この回折による導波光 $13'$ の偏向角は、表面弾性波 $12$ の周波数にはほぼ比例する。前述の通り駆動回路 $17$ はIDT $15$ に、周波数が連続的に変化する交番電圧を印加するので、表面弾性波 $12$ の周波数が連続的に変化し、上記偏向角が連続的に変化するようになる。したがってこの導波光 $13'$ は矢印Cで示す通り、回折角が連続的に変化するように回折、偏向する。このようにして偏向した導波光 $13'$ は、LGC $21$ により回折して光導波路 $11$ から基板 $16$ 側に出射する。こうして光導波路 $11$ から出射して外部光となつた光ビーム $13''$ は、光出射用プリズム $31$ の第 $1$ の光通過面 $31a$ を通過して該プリズム $31$ 内に入射し、第 $2$ の光通過面 $31b$ を垂直に通過してプリズム外に出射する。

上述のようにして光導波路 $10$ 外に出射した

高さが導波光 $13'$ の進行方向(すなわちLGC $21$ の格子並び方向)に沿つてなだらかな山形状に変化するように設定されており、それにより光ビーム $13''$ のこの方向の光強度分布は、第3図(B)の曲線fで示すように略ガウス分布となる。以下、このような光強度分布を得る格子高さの分布について詳しく説明する。

LGC $21$ の放射損失係数を $\alpha$ 、長さを $L$ とし、またその格子高さ $h$ がエバネッセント波浸出し深さ $h_c$ を超えないものとすると、

$$\alpha = B h^2 \quad [B \text{は係数}] \quad \dots \dots (1)$$

である。第3図(B)に示すように、LGC $21$ 上の導波光進行方向位置を $y$ ( $0 \leq y \leq L$ )とするとき、LGC $21$ 設置部分の光導波路 $11$ における導波光光量は $y$ の関数となるので、これを $P(y)$ とする。そしてこの導波光光量 $P(y)$ の $y$ 方向単位長さ当たりの減衰量は、LGC $21$ から出射する光ビーム $13''$ の光強度分布が第3図(B)の曲線fで示すように $y$ 軸方向にガウス分布となる場合は、

光ビーム $13''$ は、例えばfθレンズからなる走査レンズ $28$ を通過して小さなビームスポットQに絞られ、感光体 $23$ 上を矢印u方向に走査(主走査)する。それとともに感光体 $23$ が、移送手段 $22$ により上記主走査の方向と略直角な矢印v方向に移送されて副走査がなされるので、感光体 $23$ は光ビーム $13''$ により2次元的に走査される。前述したようにこの光ビーム $13''$ は画像信号Sに基づいて変調されているので、感光体 $23$ 上にはこの画像信号Sが扱う画像が記録される。

なお1主走査ライン分の画像信号Sと光ビーム $13''$ の主走査との同期をとるためにには、この画像信号Sに含まれるブランкиング信号 $S_b$ をトリガ信号として用いて、IDT $15$ への電圧印加タイミングを制御すればよい。またこのブランкиング信号 $S_b$ により移送手段 $22$ の駆動タイミングを制御することにより、上記主走査と副走査との同期をとることができる。

ここで本発明の特徴部分として、第3図(A)に概略的に示すように光出射用LGC $21$ は、格子

$$\frac{d}{dy} P(y) = -2\alpha(y) \cdot P(y) \dots \dots (2)$$

となる。なお $\alpha(y)$ は、 $y$ 軸方向各位置における放射損失係数である。

一方上記曲線fは一般的に、

$$e \times p \left\{ -\frac{(y - L/2)^2}{w^2} \right\} \dots \dots (3)$$

なる式で表わされるものである。なお $w$ は、光強度が最大値の $1/e^2$ 以上となる範囲の格子長さの半値である。上記(3)式を用いると、導波光光量 $P(y)$ は以下の式で表わされる。

$$P(y) = \int_0^L A \exp \left\{ -\frac{2(t - L/2)^2}{w^2} \right\} dt + \delta - \int_0^y A \exp \left\{ -\frac{2(t - L/2)^2}{w^2} \right\} dt$$

上式を(4)式とする。この(4)式の右辺第1項はLGC21によって取り出される全光量、第2項はLGC21の作用に係わらないで $0 \leq y \leq L$ の範囲で定的に導波する光量、第3項はある位置 $y$ までの間にLGC21から出射した光量であり、この式から、Aを係数として、

$$\frac{d}{dy} P(y) = -A e \times p \left[ -\frac{2(y-L/2)^2}{w^2} \right]$$

となる。したがってこの式と前記(2)式より、

$$\alpha(y) = \frac{A e \times p \left\{ -\frac{2(y-L/2)^2}{w^2} \right\}}{2P(y)} \dots (5)$$

前記(4)式の右辺第1項と第2項の和は、LGC21設置部に導波して来る導波光 $13'$ の光量 $P_0$ と等しいからこの光量 $P_0$ を知ることにより(4)式から $P(y)$ の値が求められ、それにより上記(5)式から $\alpha(y)$ の値が求められる。

以上述べたようにして、第3図(B)の曲線f

率を $n_{ee}$ とすれば、

$$h_e = \lambda / 2 \pi \sqrt{N^2 - n_{ee}^2}$$

である。なお $n_{ee}$ は、LGC21の屈折率を $n_e$ 、上記媒質の屈折率を $n_c$ 、格子ピッチを $d$ 、各格子の格子並び方向厚さを $d_1$ とすると、

$$n_{ee} = \frac{d_1}{d} n_e^2 + \left(1 - \frac{d_1}{d}\right) n_c^2$$

で与えられる。

LGC21から出射する光ビーム $13'$ の光強度分布が以上説明したようなものとなっていれば、感光体23上を走査するビームスポットQは、ビーム走査方向の光強度分布がガウス分布をとるものとなる。したがってビームスポットQは、この方向に十分に絞られたものとなり得、それにより、極めて精細な画像を記録できるようになる。

なお以上説明した実施例においては、LGC21から光ビーム $13'$ を基板16側に出射させるようにしているが、基板16と反対の空気側、すなわち第1図において上方側に光ビーム $13'$ を出射させる

で示すような光強度分布の光ビーム $13''$ が得られる放射損失係数 $\alpha(y)$ が求められれば、前記(1)式に基づいて、そのような放射損失係数 $\alpha(y)$ を実現する格子高さ $h(y)$ が求められる。このようにして求めた格子高さ $h$ の分布の例を、第4図に2例示す。この第4図中の曲線aは、回折格子の長さ $L$ を3mmとしてビーム径 $2w=2$ mmの出射ビーム $13''$ を得る格子高さ分布を示し、また曲線a'はそれに対応する放射損失係数 $\alpha$ の分布を示し、一方曲線bは、回折格子の長さ $L$ を7mmとしてビーム径 $2w=4.7$ mmの出射ビーム $13''$ を得る格子高さ分布を示し、曲線b'はそれに対応する放射損失係数 $\alpha$ の分布を示している。なおこの例における導波光 $13'$ の波長 $\lambda$ は633nmであり、LGC21の屈折率 $n_e$ は2.4である。

前述した通り格子高さ $h$ は、エバネッセント波没出し深さ $h_e$ よりも低い範囲で変化させる必要がある。このエバネッセント波没出し深さ $h_e$ は、光導波路11の実効屈折率を $N$ 、LGC21とその外側の媒質（通常は空気である）との平均的な屈折

場合にも本発明は適用可能であり、その場合も上述と同様の作用が得られる。また光ビーム $13''$ を基板16側に出射させる場合、必ずしも前述のプリズム31を用いる必要はなく、従来から広く行なわれているように、基板16の端面を斜めにカットして、そこから光ビーム $13''$ を出射させるようにしてもよい。

また上記実施例においては、光出射用LGC21に対して本発明が適用されているが、光入射用LGC20に対して本発明を適用することも可能である。その場合は、上記実施例におけるのと相反的な作用効果が得られる。すなわちこの場合は、光導波路11内に入射させる光ビーム $13$ として、光強度分布が略ガウス分布となっている一般的なレーザビーム等を用いれば、その光ビーム $13$ は入射結合効率が最大で光導波路11内に取り込まれることになる。

さらに、以上説明した実施例の光導波路素子は光偏向器を構成するものであるが、このような光偏向器に限らず、光導波路から出射する光ビーム

を導波光進行方向の光強度分布がガウス分布となるように整形したいという要求、さらには、光強度分布が略ガウス分布となっている一般的な光ビームを高い入射結合効率で光導波路内に入射させたいという要求は広く存在するものであり、本発明はそのような要求のあるすべての光導波路素子において適用可能で、かつ有効である。

#### (発明の効果)

以上詳細に説明した通り本発明の光導波路素子においては、光導波路表面に形成する回折格子の格子高さを、導波光の進行方向に沿って山形状の分布を有するように設定したことにより、該回折格子から出射する光ビームの光強度分布を略ガウス分布とすることができます。したがってこの光導波路素子によれば、光導波路から出射した光ビームを極めて小さなスポットに絞ることが可能となり、画像記録あるいは画像読み取り用の光偏向器に適用した場合は画像記録あるいは読み取りの精度を十分に高め、さらに高周波スペクトルアナライザ等に適用した場合は、周波数分析の分解能を高

めることができる。

また本発明の光導波路素子においては、回折格子を上述のような形状としたことにより、光強度分布がガウス分布状となっている一般的なレーザビーム等の外部光を、効率良く光導波路内に取り込むことが可能となる。したがってこの光導波路素子によれば、一般的なレーザビーム等を整形するようなことなくそのまま用いた上で、上記の光偏向器や高周波スペクトルアナライザ等における光利用効率を十分に高めることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図と第2図はそれぞれ、本発明の一実施例による光導波路素子を示す側面図と斜視図。

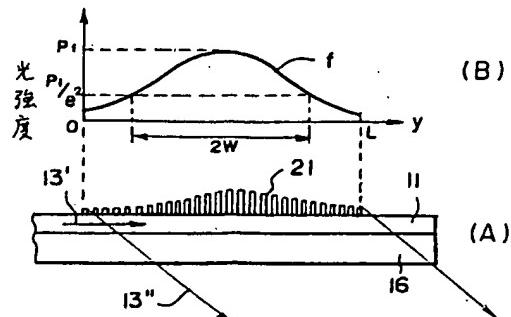
第3図(A)は上記実施例の光導波路素子の回折格子部分を拡大して示す側面図であり、第3図(B)はこの回折格子の並び方向に沿った出射光の強度分布を示すグラフ。

第4図は本発明の光導波路素子における回折格子高さの分布と、それに対応する放射損失係数の分布の例を示すグラフ。

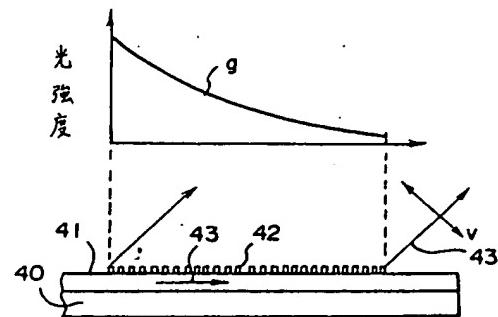
第5図は従来の光導波路素子の回折格子から出射する光ビームの強度分布を説明する説明図である。

- |                     |         |
|---------------------|---------|
| 10…光導波路素子           | 11…光導波路 |
| 12…表面弹性波            | 13…光ビーム |
| 13'…導波光             |         |
| 13''…光導波路から出射した光ビーム |         |
| 21…光出射用回折格子         |         |

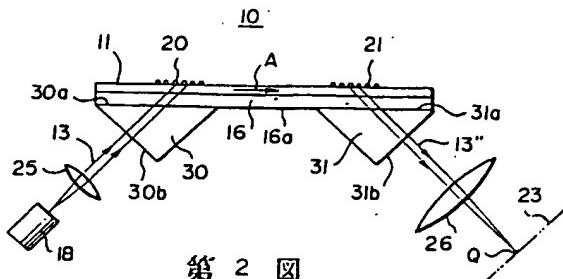
第3図



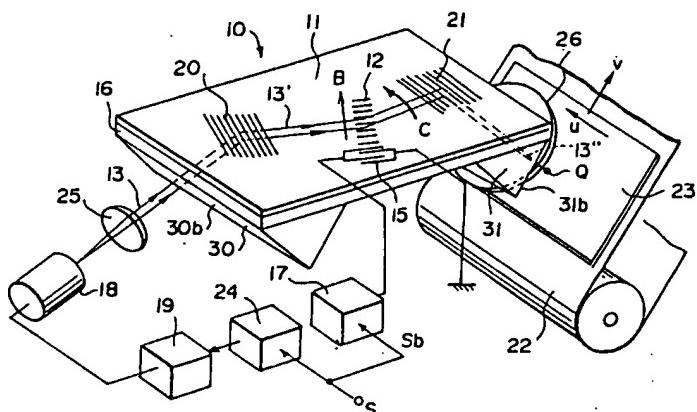
第5図



圖面の説明(内容に変更なし)  
第 1 図



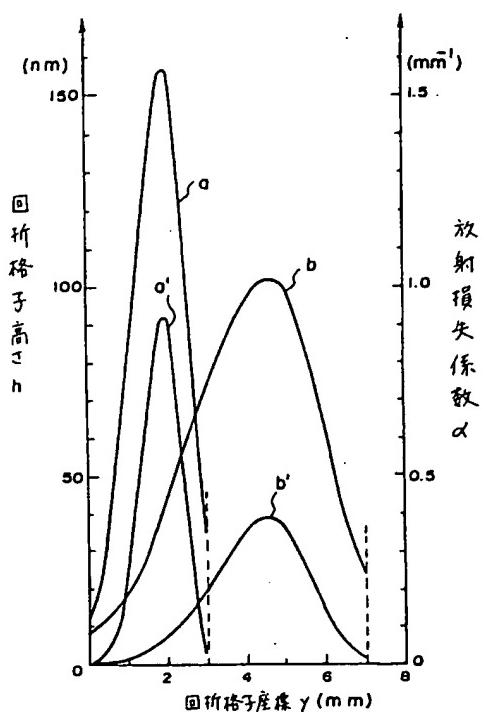
## 第 2 図



### 第 4 図

手稿補正書  
(自發刊)

昭和 62 年 11 月 24 日



- 特許庁長官 小川邦夫  
1. 事件の表示 昭和62年特許願 第265,019号  
2. 発明の名称 光導波路素子  
3. 補正をする者 事件との関係 特許出願人  
住所 神奈川県南足柄市中沼210番地  
名称 (520) 富士写真フィルム株式会社  
代表者 大西 実  
4. 代理人 住 所 東京都港区六本木5-2-1 ほうらいやビル7階  
氏 名 (7318) 弁理士 鶴田征史  
電 話 03-479-2367  
5. 補正命令の日付  
自発補正



特開平1-107213(8)

6. 補正の対象 図面

7. 補正の内容

1) 手書き図面を墨入れ図面に補正する。

(内容に変更なし)

8. 添付書類

1) 図面

1通

手続補正書  
(自発補正)

昭和63年12月01日

特許庁長官 吉田文毅

1. 事件の表示

昭和62年特許願 第265,019号

2. 発明の名称

光導波路素子

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 神奈川県南足柄市中召210番地

名称 (520) 富士写真フィルム株式会社

4. 代理人

住所 東京都港区六本木5-2-1 ほうらいやビル7階

氏名 (7318) 弁理士 柳田征史

電話 03-479-2367

5. 補正命令の日付

自発補正



6. 補正の対象

明細書の「発明の詳細な説明」の欄

7. 補正の内容

(1) 明細書第17頁第6行

「 $n_{ee}$ 」を「 $n_{ee}^2$ 」と訂正する。